



**Universidade de Brasília**  
**Faculdade de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia Florestal**

Antonia Débora Lima Plácido

## **DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO**

Brasília- DF

2021

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia Florestal**

**DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DE  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Florestal da  
Universidade de Brasília, como requisito parcial  
para obtenção do título de Engenheira Florestal

**Orientador:** Prof. Dr. Fabian Borghetti

**Universidade de Brasília**  
**Faculdade de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia Florestal**

**Determinação das temperaturas mínimas de germinação de sementes do Cerrado**

Antonia Débora Lima Plácido, matrícula 15/0005865

Menção: \_\_\_\_\_

Aprovada por:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fabian Borghetti  
Orientador

\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup>. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins  
Membro da banca

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leandro Carvalho Ribeiro  
Membro da banca

Brasília  
2021

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser minha força nos momentos de dificuldades e guiar-me pelos melhores caminhos.

À minha mãe, Ana Roza, por todo amor e cuidado durante toda minha formação, que através do seu exemplo de educadora sempre mostrou o poder transformador da educação.

Às minhas irmãs, por serem exemplos de luta e determinação, servindo de inspiração para lutar por aquilo que acredito e não desistir da realização dos meus sonhos.

Aos amigos, em especial aqueles que estiveram comigo durante essa jornada da graduação, pela parceria e por tornarem esse caminho mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Fabian Borghetti, pela oportunidade e ensinamentos durante a condução do trabalho.

À equipe do laboratório de Termobiologia, pelo apoio na realização dos experimentos.

Ao Departamento de Engenharia Florestal, que através de seu corpo docente e administrativo, proporcionaram formação acadêmica de qualidade e experiências únicas durante minha formação profissional.

À Universidade de Brasília, pela oportunidade conviver em um ambiente tão diverso, na qual pude amadurecer pessoalmente e profissionalmente. Além disso, agradeço por mostrar-me que apesar de todo o descaso, a ciência continua resistindo.

Aos professores que tive o prazer de encontrar durante minha jornada escolar, por contribuírem com minha formação e acreditarem na educação mesmo diante de todas as adversidades.

À todas as mulheres que vieram antes de mim, por abrirem caminhos para que hoje eu possa ocupar diversos espaços.

Por fim, agradeço a mim, por ter percorrido esta trajetória e encerrar mais um ciclo.

## RESUMO

A germinação é um processo condicionado por diversos fatores ambientais, sendo a temperatura um dos que mais interfere no comportamento germinativo. Visto que os modelos climáticos preveem intensas mudanças sobre o clima mundial, em especial no Cerrado, é essencial investigar qual o limite de tolerância a situações de extremas, como no caso das baixas temperaturas. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os limites mínimo de temperatura para germinação de sementes do Cerrado, coletadas em duas regiões, Minas Gerais e Mato Grosso. Os testes de germinação foram realizados com 100 sementes de cada população submetidas às temperaturas de 10, 15 e 20°C. Foi realizada a contagem do número de sementes germinadas para cada espécie e avaliada quais medidas do comportamento germinativo foram mais afetadas. As sementes germinaram nas temperaturas de 15° e 20°C, sendo que a temperatura mínima de germinação localizou-se na faixa entre 10 e 15°C. As sementes coletadas no estado de Minas Gerais aparentaram ser mais tolerantes a temperaturas baixas quando comparada com as sementes coletadas no Estado do Mato Grosso. As medidas do comportamento germinativo foram diretamente influenciadas pelas temperaturas de incubação das sementes.

**Palavras-chaves:** Cerrado; germinação; mudanças climáticas; temperatura.

## **ABSTRACT**

Germination is a process conditioned by several environmental factors, with temperature being one of the most influential in germination behavior. Since the climate models predict intense changes in the world climate, especially in the Cerrado, it is essential to investigate the tolerance limit to extreme situations, as in the case of low temperatures. Thus, the objective of this work was to determine the minimum temperature limits for germination of Cerrado seeds, collected in two regions, Minas Gerais and Mato Grosso. Germination tests were performed with 100 seeds from each population submitted to temperatures of 10, 15 and 20°C. The number of germinated seeds for each species was counted and which measures of germinative behavior were most affected. The seeds germinated at temperatures of 15° and 20° C, and the minimum temperature was between 10 and 15°C. The seeds collected in the state of Minas Gerais appeared to be more tolerant to low temperatures when compared to the seeds collected in the state of Mato Grosso. The germination behavior measures were directly influenced by the incubation temperatures of the seeds.

**Keywords:** Cerrado; germination; climate change; temperature

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo geral .....	9
2.2 Objetivos específicos .....	9
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
3.1 Bioma Cerrado .....	10
3.2 Germinação .....	11
3.3 Temperatura .....	12
3.4 Medidas de Germinação .....	13
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
4.1 Locais de coleta .....	15
4.2 Local de Condução do Experimento .....	16
4.3 Teste de Germinação .....	16
4.4 Medidas de Germinação .....	17
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>6. CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>22</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em área, cobre aproximadamente 25% do território nacional e abriga três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Araguaia-Tocantins, Prata e São Francisco (RIBEIRO & WALTER, 2008). Apresenta diversos tipos fisionômicos que variam de formações campestres, savânicas e florestais (OLIVERIA-FILHO & RATTER, 2002 ). O termo Cerrado caracteriza uma vegetação de formas e fisionomias próprias, classificada dentro dos padrões de vegetação mundial como savana (EITEN, 1994). As formações savânicas são predominantes no bioma, ocupando 70% sua de sua área original.

O Cerrado destaca-se por sua grande biodiversidade, sendo considerado um *hotspots* mundial, ou seja, um bioma rico, mas com alto grau de ameaça. A contribuição do Cerrado para a diversidade mundial de fauna e flora é cerca de 5% e para a biota brasileira cerca de 1/3 (MYERS *et al.*, 2000). Porém, nos últimos anos, os estudos apontam que já houve uma redução de no mínimo 80% da sua cobertura original do bioma e que apenas 6,2 % da área restante estão protegidos em Unidades de Conservação (MYERS *et al.*, 2000).

A germinação das sementes, segundo o critério botânico, inicia-se com a embebição e finaliza com o alongamento embrionário e protrusão da radícula (CASTRO *et al.*, 2004). O sucesso dessa fase do desenvolvimento, depende de entre outros fatores, da temperatura (LABOURIAU, 1983). As espécies possuem sua faixa de temperatura de germinação, porém as temperaturas mais apropriadas para a germinação, assim como as temperaturas limitantes, podem variar entre indivíduos e populações (LABOURIAU, 1983). Além disso, a faixa de temperatura para germinação das sementes corresponde a amplitude térmica as quais suas plantas ficam exposta durante o desenvolvimento. As temperaturas extremas altas podem ser letais e as baixas podem limitar a germinação comprometendo a capacidade reprodutiva das espécies (LABOURIAU, 1983). A temperatura adequada para a germinação de sementes nativas do Cerrado vem sendo determinada, de modo que, em geral, 10° e 45°C, correspondem às temperaturas mínima e máxima em que ocorre a germinação respectivamente (ZAIDAN & CARREIRA, 2008).

Os modelos climáticos preveem mudanças significativas no clima mundial, com impactos mais intensos sobre os ecossistemas tropicais, incluindo os biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia (IPCC, 2007). Neste contexto, a temperatura tem sido utilizada para prever a vulnerabilidade das espécies vegetais ao aquecimento global, pois esta influencia diretamente no recrutamento das espécies. Assim, sabendo que altas temperaturas são prejudiciais à



sementes, torna-se importante investigar quais seus limites mínimos de temperatura de germinação, visto que as espécies buscando fugir do aumento da temperatura, poderão migrar para locais mais frios (MORUETA-HOLME *et al.*, 2015).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estabelecer os limites mínimos de temperatura para germinação de espécies com ampla distribuição no Cerrado

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar qual o limite da temperatura mínima para germinação de espécies do Cerrado
- Verificar se os limites mínimos de temperaturas para germinação estão relacionados com as temperaturas dos locais de origem
- Determinar quais medidas de germinação são mais afetadas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Bioma Cerrado

O Cerrado é descrito como um mosaico de paisagens no qual, do ponto de vista fisionômico, observa-se a ocorrência de formações savânicas, florestais e campestres (RIBEIRO&WALTER, 2008). No Brasil, ele abrange os estados de Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia, São Paulo; além de possuir fragmentos nos estados Amazonas, Pará, Roraima, Amapá e Paraná (RIBEIRO & WALTER, 2008).

O Cerrado é caracterizado pela sazonalidade na temperatura e precipitação ao longo do ano, que definem a existência de invernos mais frios e secos e verões quentes e úmidos (EITEN, 1972). A ocorrência de duas estações bem definidas caracteriza a distribuição concentrada de chuvas e toda a região do bioma, exercendo influência direta sobre forma e distribuição da vegetação (WALTER, 2006). Essas variações fitofisionômicas apresentam características que refletem a influência da temperatura, disponibilidade hídrica, profundidade do lençol freático, frequência de queimadas e ações antrópicas (RIBEIRO & WALTER, 2008).

As formações campestres abrangem três tipos fitofisionômico principais: o campo limpo, campo sujo e campo rupestre (RIBEIRO & WALTER, 2008). As fisionomias geralmente ocorrem na transição entre as formações florestais e as formações savânicas, desempenhando importante ligação entre essas duas fisionomias.

As formações savânicas incluem quatro fisionomias: o cerrado *sensu stricto*, parque cerrado, palmeiral e vereda (RIBEIRO & WALTER, 2008). Em geral, as savanas tropicais são ambientes que apresentam baixa disponibilidade de nutrientes no solo, déficit hídrico e alta frequência de fogo, o que dificulta o estabelecimento de espécies que não sejam tolerantes a estas condições de estresse ambiental (HOFFMANN, 2000).

As formações florestais do Cerrado abrangem as fisionomias de cerradão, matas secas, as matas ciliares e matas de galeria (RIBEIRO & WALTER, 2008). As formações florestais formam um dossel contínuo e cobrem extensas áreas, as quais tendem a apresentar alta umidade e baixa flutuação na temperatura e luminosidade (OLIVERIA-FILHO & RATTER, 1995).

As espécies do Cerrado utilizam diferentes estratégias ecofisiológicas para aproveitamento das condições ambientais disponíveis. Foi observado que espécies de ambiente savânicos são mais tolerante a dessecação quando comparada com espécies de ambiente

florestais, o que reduz a capacidade de espécies florestais recrutarem ambientes de savana (RIBEIRO & BORGHETTI, 2014). Além disso, estudos também apontam que espécies savânicas são mais tolerantes ao fogo, pois o maior investimento em biomassa subterrânea fornece alta capacidade de rebrota pós passagem do fogo (HOFFMANN, 2000).

### 3.2 Germinação

A germinação é considerada uma das fases mais cruciais para o estabelecimento de uma planta (DONOHUE *et al.*, 2010). Fisiologicamente, este é o processo na qual a semente sai do estado metabólico inativo para entrar em atividade metabólica (LABOURIAU, 1983). A germinação está associada a diversos mecanismos fisiológicos, sendo os principais: embebição de água, aumento da respiração, formação de enzimas, mobilização e transporte de reservas, alongamento de reservas, divisão celular e diferenciação das células e tecidos (SOUSA-SILVA *et al.*, 2001).

A germinação pode ocorrer logo após a dispersão das sementes se as condições forem ideais, caso contrário, permanecem em um estado fisiológico de baixa atividade metabólica, denominado quiescência (LABOURIAU, 1983). Quando as condições para a germinação são aparentemente favoráveis e, ainda assim as sementes não germinam, fala-se em dormência (LABOURIAU, 1983). Sementes dormentes possuem algum bloqueio interno ou sistêmico à germinação que impede que a germinação ocorra, necessitando ser superado. A dormência pode ser física, geralmente imposta pelo tegumento, que pode impedir desde as trocas gasosas, a expansão do embrião ou até mesmo a embebição da semente (CARDOSO, 2004). A dormência fisiológica está relacionada ao próprio embrião. E existem ainda as dormências primárias e secundárias, que estão associadas ao momento em que esta foi estabelecida em relação à sua dispersão. Quando sua ocorrência dá-se ainda na planta-mãe, caracteriza-se como primária. Mas se o bloqueio for estabelecido após a dispersão, esta caracteriza-se como dormência secundária.

A transição do estágio de semente para plântula é um período de risco elevado, as espécies desenvolvem estratégia para aumentar a probabilidade de germinar em locais cujas condições ambientais são menos favoráveis (FENNER & THOMPSON, 2005). As sementes que são dispersas com baixo teor de água e são tolerantes a dessecação, são denominadas de ortodoxas. Enquanto as sementes que não sofrem a secagem natural e são dispersas com alto teor de água são denominadas de recalcitrantes (BARBEDO & FILHO, 1998).

A semente, uma vez que é dispersa da planta-mãe, representa um organismo apto para colonizar novas áreas (LABOURIAU, 1983). Nas savanas brasileiras, onde a disponibilidade de água pode ser afetada em diversas escalas pela sazonalidade climática, (RIBEIRO & WALTER, 2008), muitas espécies dispersam suas sementes durante a estação seca e permanecem no solo até o início da estação chuvosa (SALAZAR *et al.*, 2011). Esta estratégia é adotada devido a estação seca ser marcada por longos períodos de déficit hídrico do solo, baixa umidade e temperaturas altas, afetando a capacidade colonizar novos ambientes (SALAZAR *et al.*, 2011). Neste contexto, os mecanismos de adaptação às condições locais durante a germinação são essenciais para aumentar a probabilidade de sobrevivência e estabelecimento efetivo das comunidades.

### 3.3 Temperatura

A temperatura está entre os fatores ambientais que mais influenciam a germinação (LABOURIAU, 1983). Ela está relacionada aos processos desde a embebição de água à protusão da radícula, além de influenciar velocidade de germinação e porcentagem de germinação (CASTRO *et al.*, 2004). A temperatura também está relacionada a dormência, pois pode remover a dormência primária e/ou secundária e promover a dormência secundária (BEWLEY & BLACK, 1984).

As espécies possuem faixas de temperatura de germinação, ou seja, temperaturas ótimas, máximas e mínimas para que o processo ocorra (LABOURIAU, 1983). Denominadas de temperaturas cardeais. A temperatura ótima é aquela na qual ocorre o máximo percentual de germinação no menor espaço de tempo. A temperatura máxima é a temperatura acima da qual as sementes não germinam e temperatura mínima é a temperatura abaixo da qual as sementes também não germinam (LABOURIAU, 1983). As temperaturas cardeais são, portanto, espécie-específica, ou seja, refletem as características de germinação e permitem inferir sobre sua procedência ou local de ocorrência. A distribuição das espécies, em sua maioria, está relacionada a capacidade germinativa a condições climáticas que se encontram (LABOURIAU, 1983).

As espécies do Cerrado apresentam faixa de germinação entre 10 e 45°C, sendo a temperaturas entre 25 e 30°C a adequada para um maior número de espécie (BRANCALION, 2010). Essa ampla faixa de temperatura para o Cerrado ocorre devido as espécies ocorrerem em amplas condições edáficas e climáticas (RATTER *et al.*, 2003). A temperatura de germinação

das sementes do Cerrado também pode ser condicionada pelo fogo, pois é um dos principais filtros ambientais que molda a evolução das espécies vegetais do bioma. Logo, o choque térmico causado pela passagem do fogo poderia ser considerado fator essencial para quebra de dormência e germinação (RIBEIRO & BORGHETTI, 2012).

Os modelos climáticos preveem mudanças significativas no clima mundial, em especial para os ecossistemas tropicais. Alguns modelos climáticos preveem o aumento da temperatura máxima global e aumento das queimadas nas regiões de savana (IPCC, 2014). Assim, como disponibilidade de água e temperatura são fatores ambientais que influenciam diretamente no banco de sementes do solo, algumas espécies poderão ou não resistir a estas condições (MOLES *et al.*, 2014). Portanto, dados de temperaturas cardiais na germinação podem contribuir para compreender distribuição biogeográfica de muitas espécies neotropicais (BORGHETTI, 2005).

### 3.4 Medidas de Germinação

Ao longo dos anos foram desenvolvidas múltiplas formas de medir germinação, buscando compreender o comportamento germinativo das espécies (LABOURIAU, 1983). Dentre as medidas mais comumente avaliadas, estão: germinabilidade, tempo médio de germinação, e variância do tempo médio (RANAL & SANTANA, 2004)

A germinabilidade é uma medida que representa a porcentagem de sementes germinadas em relação a aquelas que foram colocadas para germinar em determinadas condições ambientais. Aliado à germinabilidade, os testes de viabilidade podem ser utilizados para identificar se as sementes estão viáveis ou dormentes (RANAL & SANTANA, 2004). Sendo expressa pela equação a seguir:

$$\%G = (\sum ni . N - 1) . 100$$

Onde  $\sum ni$  é o número total sementes germinadas em relação ao número de sementes dispostas a germinar (N), dados expressos em porcentagem.

O tempo médio de germinação indica quanto tempo foi necessário para que um determinado lote de semente germine (RANAL & SANTANA, 2004). Essa medida pode refletir diversos comportamentos das espécies, por exemplo, germinação mais rápida é característica de espécies que possuem estabelecimento mais rápido, pois tendem a aproveitar as condições ideais para o desenvolvimento de novo indivíduo. Sendo calculado pela equação a seguir:

$$t = \sum ni \cdot ti / \sum n$$

Onde  $ni$  é o número de sementes germinada em um determinado intervalo de tempo,  $ti$ .

A variância do tempo médio reflete a variação da germinação em torno da média, permitindo avaliar se a germinação é uniforme (pequena variância) ou desuniforme (grande variância) (RANAL & SANTANA, 2004). Dentre as diversas interpretações desses resultados, apontam que espécies que possuem grande variância tendem a estabelecer banco de sementes persistentes. Ao contrário, espécies que apresentam variação de germinação pequena, tendem a estabelecer banco de sementes transitório. Sendo calculada pela equação a seguir:

$$t S^2 = [\sum ni \cdot (ti - t)^2] / (\sum ni - 1)$$

Onde  $ni$  é o número de sementes germinadas entre as observações  $ti-1$  e  $ti$ , e  $t$  é o tempo médio de germinação.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Locais de coleta

Foram coletadas sementes no norte de Minas Gerais, mais especificamente no Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas Gerais (CAAMG) na cidade de Montes Claros (16° 25.575' S e 44° 02.118' W) e no Parque Estadual Caminho das Gerais que fica nos municípios de Monte Azul, Gameleira e Espinosa (14° 45' e 15° 30' S e 43° 15' e 42° 45' W). Essa região possui temperatura média anual entre 22 a 23°C e frequência de veranico anuais entre 2 e 4 (INMET, 2020). Considerando seus índices pluviométricos ela pode ser dividida em três regiões: uma semiárida, subúmida seca e de entono. A região semiárida e subúmida seca, na qual foi realizada a coleta das sementes, possuem pluviosidade média anual de 500 a 750 mm e 750 a 1250 mm, respectivamente e estão sujeitas ao processo de desertificação (COOMAP, 2010).

No nordeste do Mato Grosso as coletas foram realizadas no Parque Municipal do Bacaba na cidade de Nova Xavantina (14° 42.932' S e 52° 21.146' W). Essa região tem frequência média anual de veranicos entre 0 a 2, temperatura média anual entre 24 a 26°C e precipitação média anual variando entre 1250-1500 mm e 1500-1750 mm para áreas do município de Nova Xavantina (INMET, 2020).

Foram coletadas sementes de, pelo menos, dez matrizes espaçadas entre si por no mínimo 100 m, de acordo com seu período de dispersão (Tabela 1). As coletas foram realizadas entre junho a outubro de 2016 e 2017. Após a coletas, as sementes foram beneficiadas, homogeneizadas e armazenados em sacos de papel, em geladeiras ou câmaras de armazenamento de sementes.

Tabela 1- Espécies estudadas, com respectiva fisionomia de ocorrência e fenologia foliar.

Fitofisionomia	Espécie	Família	Fenologia foliar
Cerrado <i>sensu stricto</i>	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anarcardiaceae	Árvore decídua
	<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	Apocynaceae	Árvore decídua
	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	Apocynaceae	Árvore decídua
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth	Fabaceae	Árvore decídua
	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Fabaceae	Árvore decídua

Tabela 2- Locais de coleta de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto*

Espécie	Local de Coleta
<i>Astronium fraxinifolium</i>	Montes Claros- MG
<i>Himatanthus obovatus</i>	Montes Claros- MG
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	Monte Azul-MG
<i>Dimorphandra mollis</i>	Montes Claros- MG
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Nova Xavantina-MT

## 4.2 Local de Condução do Experimento

O experimento foi realizado no laboratório de Termobiologia, Universidade de Brasília, em Brasília-DF.

## 4.3 Teste de Germinação

Para os testes de germinação, foram colocadas 100 sementes de cada população em placa de Petri forradas com duas folhas de papel filtro, umedecidas com água destilada e, posteriormente, levadas para câmaras de germinação, reguladas nas seguintes temperaturas: 10,15 e 20°C, sob fotoperíodo de 12h.



#### 4.4 Medidas de Germinação

Após as contagens do número de sementes germinadas em cada experimento calculou-se a percentagem de germinação, tempo médio de germinação e a variância do tempo médio para cada tratamento.

#### 4.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas de 15 e 20°C mostraram-se favoráveis para a germinação das espécies testadas, enquanto a 10°C não ocorreu germinação (Figura 1). Com isso, os limites de temperatura mínima de germinação destas espécies estariam localizados na faixa entre 10 e 15°C. Estes resultados estão de acordo com Borges & Rena (1993), que estudando a germinação sementes do Cerrado, verificaram que temperatura mínima de germinação para sementes das espécies deste bioma situa-se em torno de 10°C.

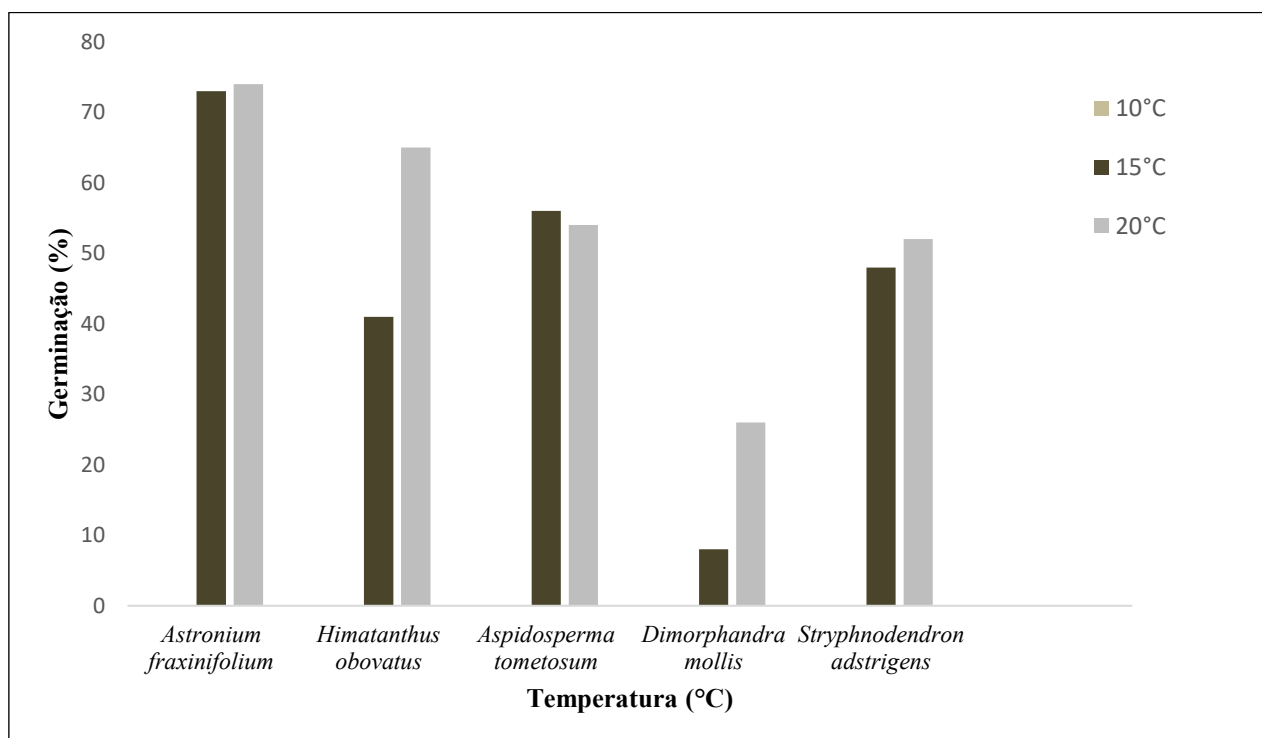


Figura.1 - Percentual de germinação de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* dos estados de Minas Gerais e Mato Grosso, submetidas à diferentes temperaturas de incuba

Quando analisado, separadamente, o comportamento germinativo de cada espécie, a 15°C a espécie que apresentou maior percentual de germinação foi *Astronium fraxinifolium*, seguida por *Aspidosperma tomentosum*, *Himatanthus obovatus*, *Stryphonodendron adstringens* e *Dimorphandra mollis*. Na temperatura de 20°C as espécies seguiram o mesmo comportamento. As sementes de *Dimorphandra mollis* apresentar baixo percentual de germinação nas duas temperaturas, este comportamento possivelmente está relacionado ao fato que suas sementes possuem tegumento rígido que dificulta a embebição e, conseqüentemente, a germinação, sugerindo que essa espécie possui dormência física (RIZZINI, 1965).

Temperaturas baixas podem resultar em menor estabelecimento de plântulas e em redução de biomassa, principalmente entre espécies tropicais e subtropicais, sendo que a extensão do dano depende da espécie, do conteúdo inicial de água da semente, da temperatura e da duração a exposição a este fator (BEDI & BASRA, 1993). Porém, observou-se que a inibição da germinação em temperaturas abaixo do mínimo é reversível, enquanto o bloqueio da germinação por temperaturas acima do máximo é irreversível (CARVALHO & NAGAKAWA, 2000).

A resposta germinativa de uma espécie reflete diretamente as características do seu local de origem (THOMPSON, 1970). Para o Cerrado, por exemplo, estudos sugerem que sementes ocorrentes espécies que ocorrem em ambientes mais secos tendem a apresentar maior tolerância a estresse hídricos, assim como espécies sujeitas a queimadas tendem a apresentar maior tolerância a extremos de temperatura (FRANCO *et al.*, 2014; HOFFMANN, 2000). No presente trabalho, as sementes coletadas no estado de Minas Gerais, nas cidades de Montes Claros e Monte Azul, que possuem temperatura média de 22.7 e 24°C respectivamente, apresentaram maior percentual de germinação quando comparada com as sementes coletadas no estado do Mato Grosso, na cidade de Nova Xavantina, que possui temperatura média anual de 25°C. Estes resultados sugerem que a região de ocorrência das populações influencia diretamente nos seus limites mínimos de temperatura para germinação e que neste caso, as espécies do estado de Minas Gerais, são mais tolerantes a extremos mínimos de temperatura e estariam mais aptas para colonizar áreas com menores temperaturas.

Em ambientes tropicais a temperatura é considerada um dos filtro abióticos que mais influenciam na estratégias de germinação das sementes (MOLES *et al.*, 2014). Além disso, filtros climáticos atuariam em escalas maiores e selecionariam atributos de sementes

relacionado a tolerância a dessecação, temperatura de germinação, dormência e maturação (JIMÉNEZ-ALFARO *et al.*, 2016). Logo, como o Cerrado é um ambiente mais restritivo e com filtros ambientais atuando em diferentes intensidades, populações de uma mesma espécie pode apresentar diferentes respostas germinativa dependendo do seu local de origem (PEREZ, 2004).

Tabela 3 – Percentual de germinação (G), tempo médio de germinação (t) (média + desvio padrão) e variância do tempo médio ( $t S^2$ ) para espécies de cerrado *sensu stricto* dos estados de Minas Gerais e Mato Grosso, submetidas à diferentes temperaturas de incubação. Valores representados pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), sendo comparados independentemente para cada espécie.

Espécie	Temperatura (°C)	G%	t (horas)	$t S^2$ (horas <sup>2</sup> )
<i>Astronium fraxinifolium</i>	10	-	-	-
	15	<sup>A</sup> 73	<sup>A</sup> 214,68±84,65	7166,24
	20	<sup>A</sup> 74	<sup>A</sup> 214,7 ± 93,15	8677,74
<i>Himatanthus obovatus</i>	10	-	-	-
	15	<sup>A</sup> 41	<sup>A</sup> 152,68±72,91	5316,76
	20	<sup>B</sup> 65	<sup>B</sup> 194.21 ± 76,41	5107,01
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	10	-	-	-
	15	<sup>A</sup> 56	<sup>A</sup> 236,14 ± 52,93	2802,01
	20	<sup>A</sup> 54	<sup>A</sup> 143,11± 77,86	6063.49
<i>Dimorphandra mollis</i>	10	-	-	-
	15	<sup>A</sup> 8	<sup>A</sup> 133,33±61,33	3760
	20	<sup>B</sup> 26	<sup>B</sup> 348 ± 59,27	3513,60
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	10	-	-	-
	15	<sup>A</sup> 48	<sup>A</sup> 139 ± 36,02	1298.04
	20	<sup>A</sup> 52	<sup>A</sup> 150.92±47.3	2243.837

Para a maioria das sementes, as temperaturas influenciam tanto a porcentagem quanta a velocidade de germinação, pois altera a velocidade da absorção de água e das reações das metabólicas das reservas necessária para o processo germinativo (BASKIN & BASKIN, 1988). Neste trabalho, a temperatura afetou de maneira significativa tempo médio de germinação para

três das cinco espécies do *cerrado sensu stricto* (Tabela 3). A maior variabilidade entre os tempos médios de germinação foi observado para *Dimorphandra mollis*.

O tempo médio de germinação é um índice que avalia a rapidez de ocupação de uma espécie a determinado ambiente. A partir da análise de tempo médio é possível fazer inferências sobre o comportamento germinativo das espécies (LABOURIAU, 1983). Por exemplo, a germinação rápida é característica de espécies cuja estratégia é se estabelecer no ambiente mais rápido ou quando as condições ambientais forem favoráveis. Enquanto uma germinação mais lenta é adotada como uma estratégia para distribuir a germinação por um período mais longo em locais com maior estresse ambiental espécies (BORGHETTI & FERREIRA, 2004). Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), temperaturas abaixo da ótima reduzem a velocidade de germinação, resultando em alteração da uniformidade de emergência, talvez em razão do aumento do tempo de exposição ao ataque de patógenos. Por outro lado, temperaturas acima da ótima aumentam a velocidade de germinação, embora somente as sementes mais vigorosas consigam germinar. Este comportamento pode ser observado neste trabalho, onde as sementes, no geral, apresentaram germinação mais lenta e desuniforme quando submetidas a temperatura baixas (Tabela 3).

A temperatura é uma variante ambiental determinante sobre a cinética de germinação (BASKIN & BASKIN, 2008). Em temperatura mais baixa, o metabolismo é reduzido e a semente pode germinar em período mais longo. Por outro lado, em temperatura mais elevada a velocidade de absorção de água e das reações químicas é maior, e as sementes germinam mais rapidamente (Carvalho & Nakagawa, 2000). No Cerrado, a radiação solar é bastante intensa (COUTINHO, 2002) de modo que, neste bioma, existem grande amplitude térmica. No presente trabalho, as espécies *Himatanthus obovatus* e *Dimorphandra mollis* apresentaram redução significativa no percentual de germinação quando exposta à temperaturas mais baixas (Tabela 3).

O Cerrado, por ser um ambiente com condições onde os filtros ambientais atuam em diferentes intensidades, as espécies desenvolveram atributos germinativos para superar estas restrições (MOLES *et al.*, 2003). O tegumento ficou mais espesso causando a redução da velocidade de germinação (PEREZ, 2004). Logo, elas podem permanecer viáveis por mais tempo em uma profundidade maior no banco de sementes (MOLES *et al.*, 2003). No entanto, sementes com baixas velocidade de germinação ficam mais tempo expostas à altas

temperaturas, e isto pode levar desnaturação de enzimas e proteínas, e consequentemente, à morte do embrião (BORGHETTI & FERREIRA, 2004).

Em relação ao comportamento da variância do tempo médio, as espécies apresentaram altos valores de variância do tempo médio. As espécies *Astronium fraxinifolium*, *Aspidoperma tomentosum* e *Stryphonodendron adstringens* apresentaram redução da variância a medida que a temperatura diminuiu. Enquanto *Himatanthus obovatus* e *Dimorphandra mollis* apresentaram aumento na variância com a redução da temperatura. A variância do tempo médio auxilia avaliar a distribuição temporal desta em tornoda média, o que permite avaliar se a germinação de um conjunto de dados é uniforme (pequena variância) ou desuniforme e irregular (grande variância) (BORGHETTI & FERREIRA, 2004).

A variância do tempo médio é uma importante medida para analisar a distribuição da germinação em condições naturais (RANAL& SANTANA, 2004). Uma espécie que apresenta grande variância tende a estender a germinação de dias a meses, desde que diásporos se mantenham viáveis. Este tipo de comportamento é comum em formações savânicas, onde as espécies tendem a estabelecer bancos de sementes persistentes, ou seja, aqueles cuja a germinação ocorre de forma bastante espaçada no tempo. Em contraste a isto, espécies que apresentam pequena variância tende a apresentar germinação rápida e uniforme. Este comportamento é comum em espécies de ambientes úmidos, como florestas, onde estabelecem banco de sementes transientes, ou seja, de curta duração (BORGHETTI& FERREIRA, 2004).

Neste trabalho, tal como é comum em espécies de Cerrado, as sementes apresentaram germinação lenta e espaçada no tempo. (Tabela 3). Além disso, estudos mostra que a variância de germinação, assim como o tempo médio, também é dependente da temperatura de incubação das sementes. Viera *et al.* (2007), ao trabalharem com sementes *Dyckia tuberosa*, verificaram que em temperatura abaixo e acima da ótima a germinação foi menos sincronizada, corroborando com os resultados obtidos para as espécies deste estudo.

A compreensão dos mecanismos de germinação auxilia prever a dinâmica das comunidades vegetais perante um cenário de mudanças climáticas. As mudanças climáticas tem contribuído para mudanças no calendário de evento sazonais importantes, o que fez com as espécies respondessem rastreando o ambiente na qual são mais adequados por meio da migração ou fenologia (DONOHUE *et al.*, 2010). Com isso, restam poucas opções para as populações vegetais: a extinção ou aclimatar-se as novas condições ambientais permanecendo suas regiões de ocorrência ou migrando para regiões cujo clima se assemelha aos seus atuais limites climáticos (MORUETA-HOLME *et al.*, 2015).

Desse modo, fica evidente que a germinação é um processo complexo influenciado pela interação de diversos filtros bióticos e abióticos, sendo necessário compreender como estes diferentes mecanismos atuam na montagem das comunidades em ambientes sazonais. Neste cenário, tornam-se importante estudos que possibilitem entender como as variações no clima poderão inferir na sobrevivência das espécies, o que torna possível prever possíveis mudanças na distribuição da vegetação nativa nos próximos anos.

## **6. CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo, as temperaturas de 15° e 20°C se mostraram adequada para germinação das espécies, enquanto a 10°C não ocorreu germinação. A temperatura mínima de germinação localizou-se na faixa entre 10 e 15°C. As medidas de germinação também sofreram influência da temperatura de incubação, tendo em vista que as espécies apresentaram germinação lenta e espaçada temporalmente quando submetidas a temperaturas mais baixas.

Assim, estes resultados mostram importância de estudos que forneçam dados acerca da tolerância das sementes em condições experimentais e que simulem cenários que permitam prever o quão perto as espécies vegetais estão de seus limites fisiológicos, e abrirão perspectivas para se modelar com maior precisão como as mudanças climáticas globais poderão ameaçar a resiliência dos ecossistemas, em particular dos tropicais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEDO, C. J.; FILHO, J. M. Dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 2, p. 145–164, 1998.
- BASKIN C.C. & BASKIN J.M. (2001) Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. **Academic Press, California, USA**.
- BEDI, S; BASRA, A.S. Chilling injury in germinating seeds: basic mechanisms and agricultural implications. **Seed Science Research**, v. 3, n. 4, p. 219-229, 1993.
- BERNSTEIN L et al. (2008) Climate Change 2007: Synthesis Report: An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Intergovernmental Panel on Climatic Change, Geneva**.
- BORGES, E.E. de L. & RENA, A.B. 1993. Germinação de sementes In: AGUIAR, I.B. de; Piña -Rodrigues, F.C.M.; Figliola, M.B. **Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES**. Pp. 83-135.
- BORGHETTI, F. (2005). Temperaturas extremas e a germinação das sementes. In: NOGUEIRA, R.J.M.C. (eds). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. MXM Gráfica. Recife, p. 207-218.
- BORGHETTI, F. & FERREIRA, A. G. 2004. Interpretação de resultados de Germinação. In: Ferreira, A. G. & Borghetti, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, São Paulo, 323p.
- BRANCALION P.H.S., Novembre A.D.L.C. & RODRIGUES R.R. (2010) Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, 32, 15–21..
- CARVALHO, N. M. e NAKAGAWA, J. Sementes: ciências, tecnologia e produção. 2.ed. Campinas: **Fundação Cargill**, 2000. 565p.
- CARDOSO, V. J. M. 2004. Dormência: estabelecimento do processo. Pp. 95 - 108. In: Ferreira, A. G. & Borghetti, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, São Paulo, 323p.

CASTRO R.D. BRADFORD, K.J. & HILHORST, H.W.M. 2004 (2004). Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira, A. G; BORGHETTI, F. (Orgs). **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed. Porto Alegre : 149–162.

COUTINHO, M.L. (2002). O bioma do cerrado. In: KLEIN, A.L. (Org.).Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois. **São Paulo: Editora Unesp; Imprensa Oficial do Estado**. p. 77 – 91.

DONOHUE, K. RUBIO DE CASAS, R., BURGHARDT, L., KOVACH, K., & WILLIS, C. G. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, n. November, p. 293–319, 2010.

EITEN, G. 1994. Vegetação. *In* Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas, 2ª ed. (M.N. Pinto, org.). **Editora Universidade de Brasília**, Brasília, p.17-74.

FENNER M. & THOMPSON K. (2005) The Ecology of Seeds. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK

FRANCO, A. ROSSATO, D. R., de CARVALHO RAMOS SILVA, L., & da SILVA FERREIRA, C (2014). Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO<sub>2</sub> levels and climate warming. **Theoretical and Experimental Plant Physiology** 26: 1938. of the total environment 481: 108–13.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) Climate Change 2007: **The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC (2014). Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Field, C.B.V.R.; Barros, D.J.; Dokken, K.J.; Mach, M.D.; Mastrandrea, T.E.; Bilir, M.; Chatterjee, K.L.; Ebi, Y.O.; Estrada, R.C.; Genova, B.; Girma, E.S.; Kissel, A.N.; Levy, S.; MacCracken, P.R.; Mastrandrea, L.L.W. (eds.). **New York: Cambridge University Press**.1132p

JIMÉNEZ-ALFARO, B. et SILVEIRA, F. A. O., FIDELIS, A., POSCHLOD, P., & COMMANDER, L. E. . Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 3, p. 637–645, 2016.



LABOURIAU L.G. (1983) A germinação das sementes. **Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos**, Washington.

MARRIS, E. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 468, n. 7326, p. 895, 2000.

MOLES, A. T. S. E., LAFFAN, S. W., FLORES-MORENO, H., AWASTHY, M., TINDALL, M. L., BONSER, S. P. Which is a better predictor of plant traits: Temperature or precipitation? ,. (2014). **Journal of Vegetation Science**, v. 25, n. 5, p. 1167–1180, 2014.

MORUETA-HOLME, N. et al. Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, n. 41, p. 12741–12745, 2015.

OLIVEIRA FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In* The cerrados of Brazil (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). **Columbia University Press**, New York, p.91-120.

PEREIRA, J.; AL, E. Dormência Em Sementes Florestais. **Embrapa Florestas**, v. **Documento**, p. 28, 200AD.

PEREZ, S.C.J.G.A. (2004). Envoltórios. *In*: FERREIRA, A. G; BORGHETTI, F. (Orgs). **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed. Porto Alegre. Cap. 7.

RATTER, J.A., WALTER B., S. RIBEIRO, J.F (2003). Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation III: comparation of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, v.60, n.1, p. 57-109.

Ribeiro J.F., WALTER B.M.T. (2008) As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de & RIBEIRO, J.F (Eds). **Cerrado: Ecologia e Flora**. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília: 151-212.

RIBEIRO, L. C.; BORGHETTI, F. Comparative effects of desiccation, heat shock and high temperatures on seed germination of savanna and forest tree species. **Austral Ecology**, v. 39, n. 3, p. 267–278, 2014.

RIBEIRO L.C., PEDROSA M. & BORGHETTI F. (2013) Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species. **Plant Biology**, 15, 152–157

RIZZINI, C. Experimental studies on seedling development of cerrado woody plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 410-426, 1965.

SALAZAR, A., GOLDSTEIN, G., FRANCO, A. C., & MIRALLES-WILHLM, F. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. **Seed Science Research**, v. 21, n. 2, p. 103–116, 2011.

SANTANA, D.G. & RANAL, M.A. 2004. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Editora UnB, Brasília.

SCHOLES, R. J.; ARCHER, S. R. Tree-grass interactions in Savannas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, n. January 2015, p. 517–544, 1997.

SILVA, A.M.; ASSAD, E.D & EVANGELISTA, B.A (2008). Caracterização climática do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de & RIBEIRO, J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados** – Brasília,DF. Cap. 3, p. 71-88.

THOMPSON, P. A. Characterization of the germination response to temperature of species and ecotypes. **Nature**, v. 225, n. 5235, p. 827-831, 1970.

VIEIRA, DC. Mascia; SOCOLOWSKI, F; TAKAKI, M. Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 2, p. 183-188, 2007.

WALTER, B.M.T. 2006. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia. 373p.

ZAIDAN, L. B. P.; CARREIRA, R. C. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 167–181, 2008.